



高职高专规划教材

◎化工类核心课程系列◎

化工设备机械基础

HUAGONG SHEBEI JIXIE JICHU

主 编◎黄建伟 文 霞



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

安徽大学出版社



高职高专规划教材

◎化工类核心课程系列◎

化工设备机械基础

主 编 黄建伟 文 霞

副主编 孙学习



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化工设备机械基础/黄建伟,文霞主编. —合肥:安徽大学出版社,2013.8

高职高专规划教材.化工类核心课程系列

ISBN 978-7-5664-0610-1

I. ①化… II. ①黄… ②文… III. ①化工设备—高等学校—教材
②化工机械—高等学校—教材 IV. ①TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 182773 号

化工设备机械基础

黄建伟 文 霞 主编

出版发行:北京师范大学出版集团
安 徽 大 学 出 版 社
(安徽省合肥市肥西路3号 邮编 230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn

印 刷:中国科学技术大学印刷厂
经 销:全国新华书店
开 本:184mm×260mm
印 张:15.25
字 数:373千字
版 次:2013年8月第1版
印 次:2013年8月第1次印刷
定 价:29.00元

ISBN 978-7-5664-0610-1

策划编辑:李 梅 张明举
责任编辑:武溪溪 张明举
责任校对:程中业

装帧设计:李 军
美术编辑:李 军
责任印制:赵明炎

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:0551—65106311

外埠邮购电话:0551—65107716

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:0551—65106311

前 言

《化工设备机械基础》是为工科院校化工系工艺类专业编写的一本综合性机械类教材。本教材的学习目的是使学生能够获得必要的机械基础知识,掌握设计常、低压化工设备的初步能力,并能够对通用的传动零件进行简单的选型、核算和正常的维护使用。根据这些目的,教材的内容分为材料、力学基础和压力容器三部分。对这三部分内容,我们既尊重它们原学科的体系,保证相对的独立性,同时又在认真分析这几部分内容内在联系的基础上,探讨改变某些传统讲法的可能性,使本教材逐步形成自己的体系。在这方面我们仅仅是作了一点初步的尝试,更多的探索还要依靠广大任课教师的不断实践,我们希望听到广大读者的意见。

考虑到这门课程涉及的内容较广泛,学习本课程的学生先修基础知识较少,各学校对这门课的教学要求差异比较大这三个特点,我们在编写时有针对性地考虑了三个原则:

1. 内容的选取着眼于加强基础和学以致用,以达到职业技术教育的应知应会。

2. 讲述的方法要适应化工工艺专业学生的特点,内容要有一定深度,但讲解要深入浅出,联系实际。

3. 少课时可使用本教材。

本教材是多年教学实践的总结,芜湖职业技术学院文霞编写模块一材料,芜湖职业技术学院黄建伟编写模块二力学基础,中州大学孙学习编写模块三压力容器。

本教材参考了国内多家出版社出版的《化工设备机械基础》教材,在此对其作者表示感谢和敬意。由于编者水平有限,错误及不妥之处在所难免,望读者提出意见以便改正。

编 者

2013年2月

目 录

模块一 材料

项目 1 金属材料	3
任务一 金属材料的一般性能	3
任务二 金属的晶体结构	7
任务三 碳钢和铸铁	9
任务四 合金钢	23
任务五 有色金属及其合金	28
任务六 金属的腐蚀与防护	30
项目 2 非金属材料	37
任务一 涂料	37
任务二 工程塑料和玻璃钢	39
任务三 无机非金属材料	41
习 题	42

模块二 力学基础

项目 1 静力学	47
任务一 物体的受力分析	47
任务二 平面汇交力系	52
任务三 平面一般力学	55
项目 2 材料力学	63
任务一 轴向拉伸与压缩	63
任务二 剪切与挤压	72
任务三 圆轴扭转	76
任务四 直梁的弯曲	81

任务五 压杆稳定	90
思考题	95
习 题	96
项目 3 机械传动与联接	100
任务一 带传动	100
任务二 齿轮传动	104
任务三 蜗杆传动	107
任务四 轴与联轴器	112
任务五 轴 承	115
任务六 螺纹联接、键联接、销联接	121
思考题	126
习 题	127

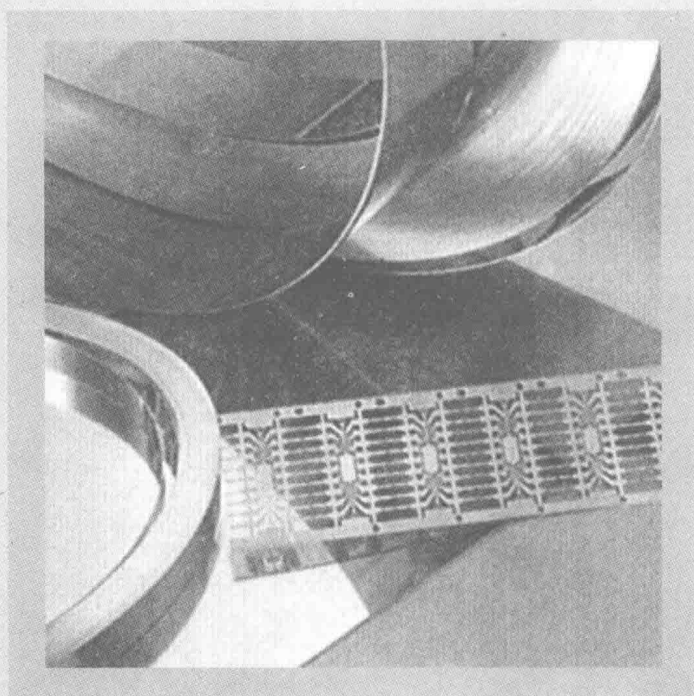
模块三 压力容器

项目 1 压力容器概述	131
任务一 容器的结构与分类	131
任务二 容器机械设计的基本要求	134
任务三 容器的标准化设计	135
任务四 化工容器常用金属材料的基本性能	136
习 题	141
项目 2 内压薄壁容器设计基础	142
任务一 回转壳体的几何特性	142
任务二 回转壳体薄膜应力分析	143
任务三 典型回转壳体的应力分析	147
任务四 内压圆筒边缘应力的概念	154
习 题	157
项目 3 内压薄壁圆筒和球壳设计	158
任务一 内压薄壁圆筒和球壳强度计算	158
任务二 容器的压力试验	168
习 题	172
项目 4 内压容器封头的设计	173
任务一 凸形封头	173
任务二 锥形封头	177

任务三 平板封头	178
任务四 封头的结构特性及选择	182
习 题	185
项目 5 外压容器设计基础	186
任务一 临界压力	186
任务二 外压容器设计方法及要求	190
任务三 外压球壳与凸形封头的设计	197
任务四 加强圈的作用与结构	200
习 题	201
项目 6 容器零部件	203
任务一 法兰连接	203
任务二 容器支座	216
任务三 容器的开孔补强	223
任务四 容器附件	226
习 题	231
参考文献	232

模块一

材 料



项目 1

金属材料

学习目的

- ◆掌握金属材料一般性能。
- ◆掌握金属晶体结构。
- ◆掌握黑色金属成分、组成结构和铁矿平衡图。
- ◆了解有色金属。
- ◆了解金属的腐蚀与防护。

任务一 金属材料的一般性能

材料的性能,是指它的物理性能、机械性能、化学性能和工艺性能。

一、材料的物理性能

物理性能主要是指重度、熔点、热膨胀系数、导热性、导电性以及弹性模量等。

(一) 线膨胀系数 α

杆因受热而伸长的量 Δl_t 与杆长 l 和温度升高值 $t_2 - t_1$ 成正比,

$$\Delta l_t = \alpha l (t_2 - t_1)$$

比例常数 α 就是材料的线膨胀系数。它的物理意义是

$$\alpha = \frac{\Delta l_t}{l(t_2 - t_1)}, ^\circ\text{C}^{-1}$$

即温度升高一度时材料单位长度的伸长值。

几种常用材料的 α 值见表 1-1-1。

表 1-1-1 几种常用材料的 α 值

材料	碳钢	不锈钢	紫铜	瓷釉
$\alpha \times 10^6 (^\circ\text{C}^{-1})$	10.6 ~ 12.2	16.6	17.2	24 ~ 42(体)

注:瓷釉是体膨胀系数。

不同材料刚性地联在一起,当温度发生变化或两种材料温度不同时会引起热应力。

(二) 导热系数 λ

材料导热性大小,可以用导热系数来表示。

热介质通过器壁传给冷介质的热量 Q 与温度差 Δt 、传热时间 τ 、传热面积 F 成正比,而

与器壁厚度 δ 成反比,即

$$Q = \lambda \frac{\Delta t \cdot \tau \cdot F}{\delta}$$

比例常数 λ 即是材料的导热系数。它的物理意义是

$$\lambda = \frac{Q}{\frac{\Delta t}{\delta} \cdot \tau \cdot F}, \frac{W}{m \cdot K}$$

即当温度梯度 $\frac{\Delta t}{\delta}$ 为 $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$, 每小时通过每平方米传热面传过去的热量。此值越大, 表示材料的导热性越好。制造换热器应选用 λ 大的材料, 而选作设备保温用的材料, 应具有较小的 λ 值。几种材料的 λ 值见表 1-1-2。

表 1-1-2 几种材料的 λ 值 ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)

材料	钢	不锈钢	紫铜	铝	铅	瓷釉	石棉保温灰
λ	46.4	16.4	393	203	34.7	0.97	0.047 ~ 0.083

二、材料的机械性能

材料的机械性能主要是指材料的弹性、塑性和强度。

(一) 弹性与塑性

材料在外力作用下产生变形, 当外力去除后又能够恢复原来形状的性能, 叫做材料的弹性。

材料的变形量有一定的限度, 超过这一限度, 就会发生塑性变形。这一限度越高, 表示材料的弹性越好。

机器零件与设备在正常工作时, 一般只发生弹性变形。

材料在超过其最大弹性变形限度后, 继续增大外力, 就会发生塑性变形。材料的塑性变形量也有一定的限度, 超过这一限度, 就会出现裂纹或断裂。在不破裂或不出现裂纹的条件下, 材料所能经受的最大塑性变形, 叫材料的塑性。

塑性是材料的一种可贵性能。用塑性良好的材料制造容器, 可以承受局部高应力, 并允许发生小量的局部塑性变形, 同时又不使整个容器丧失承载能力。

材料的塑性用延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 表示。

(二) 材料的强度

材料的强度是指它抵抗外力破坏的能力。这里所说的“破坏”具有多种含意:

- ①抵抗断裂破坏的能力, 用材料的强度极限 σ_b 表示。
- ②抵抗发生塑性变形的能力, 用屈服极限 σ_s 表示。
- ③抵抗在高温条件下, 材料发生缓慢的塑性变形能力, 用蠕变极限 σ_r 表示。
- ④抵抗硬物压入材料的能力, 用布氏硬度 HB 表示。
- ⑤抵抗突然冲击破坏的能力, 用冲击值 α_k 表示。

下面仅对硬度和冲击韧性作简要说明。

1. 硬度

硬度是表示材料抵抗他物压入的能力。常用的硬度试验方法有两种：

(1) 布氏硬度

这种硬度的测定是用一直径为 D 的标准钢球(压陷器),以一定的压力 P 将球压在被测金属材料的表面上(图 1-1-1a),经过 t 秒后,撤去压力,由于塑性变形,在材料表面形成一个凹印。用这个凹印的球面面积去除压力 P ,由所得的数值来表示材料的硬度,这就是布氏硬度,用符号 HB 表示。凹印愈小,布氏硬度值愈高,说明材料愈硬。

(2) 洛氏硬度

这种硬度测定方法是用一标准形状的压陷器放在被测金属表面,先用一初压力将它压入材料内部达到 1—1—1 位置(图 1-1-1b),然后再加一主压力压到 2—2 位置,再后则撤去主压力但保留初压力,这时压陷器弹回到 3—3 位置。我们就根据 3—3 和 1—1 位置的深度差来定义(不是表示)洛氏硬度。金属越硬,压痕深度越小,我们所定义的洛氏硬度值则越高。根据压陷器所用材料和主压力大小的不同,有三种洛氏硬度,分别用 HRC、HRB 及 HRA 表示。

硬度测定中所产生的压痕,是材料发生大量塑性变形之后形成的。所以硬度也是衡量材料抵抗塑性变形能力大小的一种指标。

硬度试验是在局部材料上进行的,方法简便,并且可直接在构件表面测定硬度值,而不致造成构件的破坏。

硬度指标在机械设计中是经常用到的。例如在设计两个互相摩擦的零件时(滑动轴承与轴颈;机械密封中的动环与静环;蜗轮与蜗杆等)经常需要在图纸上注明这两个配对零件在硬度上的不同要求。又如法兰联接中的螺栓与螺母、换热器的管板与管束,在选择这些配对零件的材料时,硬度指标往往是一个重要的考虑因素。

2. 冲击韧性

对一般塑性材料来说,它的屈服极限和强度极限会随变形速度加快而增大,但是材料的塑性则有所降低。所以,静载试验所得结果不能说明材料对动载的抵抗能力。要测定材料对冲击载荷的抵抗能力(这种能力称为材料的冲击韧性),就要作材料的冲击试验。

材料冲击试验的方法是,将材料制成带有缺口的标准试件,把试件放在摆锤式冲击试验机的支座上(图 1-1-2a),使重摆从一定高度落下将试件冲断。由试验机可测出试件所吸收的能量 E (单位是兆焦耳,即 MJ),将 E 除以试件凹槽处横截面面积 $A(\text{m}^2)$,所得数值即材料的冲击韧性,用 α_k 表示,即:

$$\alpha_k = \frac{E}{A}, \text{MJ/m}^2$$

α_k 值愈大,表示材料抵抗冲击的能力愈强。脆性材料的 α_k 值远低于塑性材料的 α_k 值。

温度对 α_k 值有较大影响,某些材料,如低碳钢,在低于某一温度后,其 α_k 值会大幅度下降,使材料变脆。 α_k 骤然下降的温度称为临界温度。图 1-1-3 是低碳钢的冲击韧性随温度变化的曲线。从曲线可见低碳钢的临界温度约为 -40°C 。各种材料的临界温度不一样, α_k 随温度变化的曲线也不一样。并不是所有金属都有冷脆现象。例如一般铜合金、铝合金及含镍量较高的镍合金,在很大的温度变化范围内, α_k 的数值变化很小,且没有 α_k 突变的临界温度。

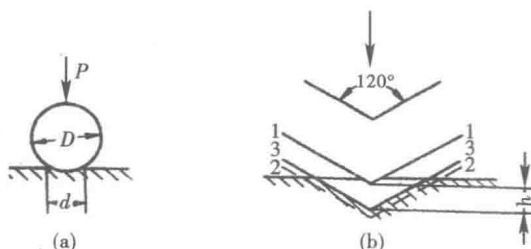


图 1-1-1 布氏硬度 (a) 与洛氏硬度 (b) 的测定

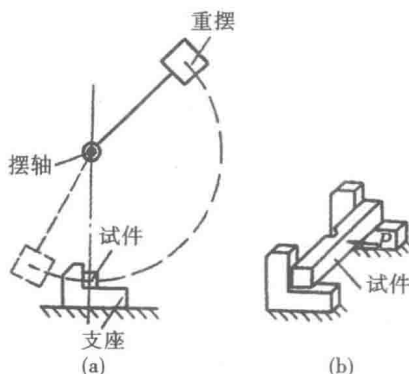


图 1-1-2 冲击试验

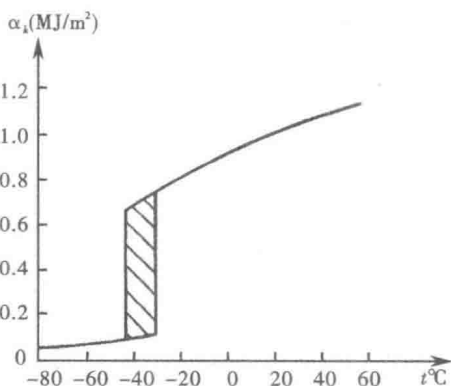
三、材料的化学性能

材料的化学性能最主要是指它的耐腐蚀性。

材料抵抗周围介质对其腐蚀破坏的能力叫材料的耐蚀性。

耐蚀性不是材料的一个固有不变的特性,它随材料的工作条件而改变。铁在干燥空气中的耐蚀性优于在潮湿空气中;碳钢在浓硫酸中耐蚀,而在稀硫酸中则不耐蚀;不锈钢总的来讲有较高的耐蚀性,而在盐酸中耐蚀性就差;钢在大气中非常耐蚀,但在含氧的氨溶液中,却会遭到强烈腐蚀。材料抗蚀能力的这种相对性与多变性,增加了选材的复杂性。材料耐蚀性的表示方法与腐蚀破坏的类型有关。对于均匀的腐蚀来说,可以用每年腐蚀多少毫米厚的金属来表示。

在确定零件或设备尺寸时,应把它们在整个工作期间将被介质腐蚀掉的金属厚度事先附加上去。把根据强度计算出来的零件直径或筒壁厚度加大,所增加的这部分厚度叫腐蚀裕量。为了确定腐蚀裕量,必须知道腐蚀速度,后者可由有关手册查出,或通过试验确定。

图 1-1-3 低碳钢的 α_k 随温度变化曲线

四、材料的工艺性能

材料总是要经过各种加工以后,才能做成设备或机器的零件,材料在加工方面的物理、化学和机械性能的综合表现构成了材料的工艺性能,又叫加工性能。

选材时必须同时考虑材料的使用与加工两方面的性能。从使用的角度来看,材料的物理、机械和化学性能即使比较合适,但是如果在加工制造过程中,材料缺乏某一必备的工艺性能时,那么这种材料也是无法采用的。因此,了解材料的加工工艺性能,对正确选材是十分必要的。

材料的工艺性能主要指铸造性、可焊性、可锻性、切削加工性和热处理性能。

1. 铸造性

将熔融的金属浇注入铸型而制取的零件或毛坯叫做铸件,使金属能够成为铸件的工艺性质叫铸造性。

形状复杂的零件往往是铸出来的。金属铸造性好坏主要与它的流动性、收缩性及偏析倾向有关。金属或合金充满铸型的能力叫流动性。金属在冷却时体积缩小的性质叫收缩性。合金在由液态变为固态的结晶过程中所发生的化学成分不均叫偏析。如果金属或合金的熔点低,流动性好,收缩性小,偏析小,则它的铸造性就认为好。

2. 可焊性

将两个分离的金属(或非金属)进行局部加热,使之熔融后产生结晶间的结合叫焊接。材料的可焊性是指金属材料在一定条件下焊接时,能否得到与被焊金属本体相当的机械、化学和物理性能,而不发生裂缝和气孔等缺陷的总的说明。它不仅决定于被焊金属本身的固有性质,而且在很大程度上取决于焊接方法和工艺过程。

3. 可锻性

金属承受压力加工的能力叫金属的可锻性。金属可锻性决定于材料的化学组成与组织结构,同时也与加工条件(温度等)有关。

经过压力加工后的金属,由于消除了铸锭内部的气孔、缩孔等缺陷使金属组织结构紧密,从而提高了材料的机械性能。

4. 切削性

材料在切削加工时所表现的性能叫切削性。当切削某种材料时,刀具寿命长,切削用量大、表面质量高,就认为该材料的切削性好。

5. 热处理性能

所谓热处理是以改善钢材的某些性能为目的,将钢材加热到一定的温度,在此温度下保持一定的时间,然后以不同的速度冷却下来的一种操作。

材料适用于哪种热处理操作,主要取决于材料的化学组成。

任务二 金属的晶体结构

一、金属原子结构的特点与金属键

原子都是由带正电的原子核与带负电的核外电子组成的。每个电子都在原子核外的一定“轨道”上高速运动着,形成电子层。金属原子的特点是,最外层的电子数很少,一般只有一两个;而且这些最外层电子与原子核的结合力较弱,因此很容易脱离原子核的束缚而变成自由电子。

在金属中,这些暂时摆脱掉原子核束缚的电子,并未被其它原子所取走,它只是从只围绕自己的原子核转动,变成在所有的金属原子之间运动,成为“公有”的自由电子。那些外层电子被公有化了的原子,由于失去了部分电子而变成了正离子,显正电性。公有化的自由电子在所有的金属正离子之间穿梭运动,好象一种带负电的气体充满其间。于是带负电的“电子气”就把带正电的金属正离子牢固地束缚在一起。这种金属原子之间的结合方式称为金

属键。

在实际金属中,并不是所有的金属原子都变成了正离子。而且这一时刻失去了电子的金属原子在下一时刻又可能重新获得电子,所以金属中的原子是处于原子—离子状态。

金属的许多特性,如良好的导电、导热性,可延展性及具有金属光泽等,都是与金属键这一独特的结合方式有关。

二、金属的晶体结构

对于晶体,我们并不陌生。吃的食盐是晶体,固态金属及合金也是晶体。但并非一切固体都是晶体,玻璃与松香就不是晶体。

晶体与非晶体的区别不在外形,而在内部的原子排列。在晶体内部,原子按一定规律排列得很整齐。而在非晶体内部,原子则是无规律地散乱分布。由此也导致晶体与非晶体性能上的不同,例如晶体具有一定的熔点,非晶体则没有;晶体是各向异性,非晶体则是各向同性。

既然金属是晶体,那么金属原子之间是怎样排列的呢?

研究表明,就理想晶体来说,其原子在空间的排列方式有3种,即所谓“体心立方晶格结构”(图1-1-4)、“面心立方晶格结构”(图1-1-5)和“密排六方晶格结构”(图1-1-6)。这三张图中的a图表示的都是原子在空间堆积的球体模型,图中每个圆球代表一个原子。这种球体模型直观性强是它的优点,但是许多球体密密麻麻地堆积在一起,很难看清内部的排列情况。为了清楚地表明原子在空间排列的规律,有必要将原子进一步抽象化,把每个原子看成一个点,这个点代表原子的振动中心。这样一来,原子在空间堆积的球体模型,就变成了一个排列规则的点阵。如果把这些点用直线联接起来,就形成一个空间格子,称它为晶胞(图1-1-4~1-1-6中的b图)。晶胞是晶体中原子周期性的、有规则排列的一个结构单元。晶体的晶格就是由晶胞在空间重复堆积而成的。图1-1-7表示的就是由面心立方晶胞所构成的面心立方晶格结构(除左上角一个晶胞外,图1-1-7中并未把全部原子均表示出来)。

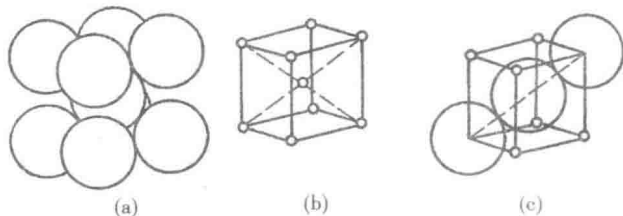


图 1-1-4 体心立方晶胞

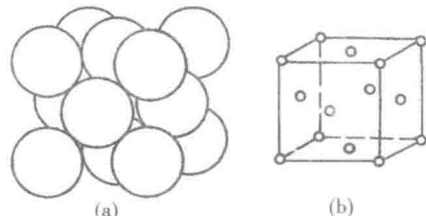


图 1-1-5 面心立方晶胞

实际应用的金属绝大多数是多晶体组织,一般不仅表现出各向同性,而且实际金属的强度也比理论强度低几十倍至几百倍。如铁的理论切断强度(切应力)为2254MPa,而实际的切断强度仅为290MPa。这是什么原因呢?这是由于前面所述是对单晶体而言,而且认为原子排列是完全规则的理想晶体,实际上,金属是由多晶体组成的,而且晶体内存在许多缺陷。晶体缺陷的存在,对金属的机械性能和物理、化学性能都有显著的影响。

晶体缺陷有点缺陷、线缺陷、面缺陷等几种缺陷,多晶体的晶粒与晶粒之间由于结晶方位不同(相差达 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$)形成的交界,叫作“晶界”。这就是面缺陷。该处的原子排列是不

整齐的,晶格歪扭畸变并常有杂质存在。晶界在许多性能上显示出一定特点,如晶界抗蚀性能比晶粒内部差,晶界的熔点较晶粒内部低,晶界的强度、硬度较晶内高,电阻率也较晶内

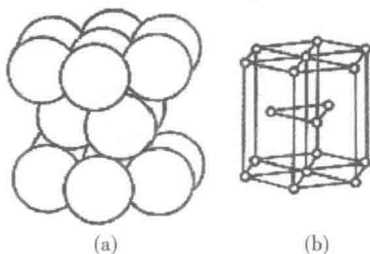


图 1-1-6 密排六方晶胞

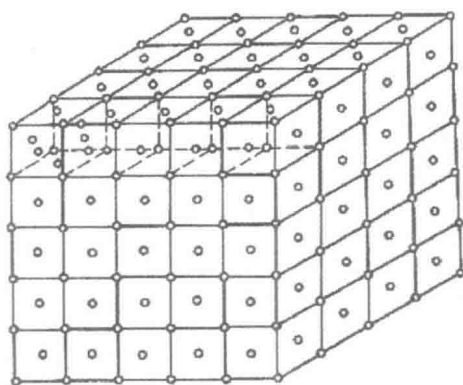


图 1-1-7 面心立方晶格

大等。线缺陷的具体形式是各种类型的位错。实际金属晶体内存在大量的位错,一般在每平方厘米面积上含有 10^8 个位错。经冷加工塑性变形后,位错数目可达到每平方厘米 10^{12} 个。由于位错密度的增加,使金属的强度大大提高。在实际晶体结构中,经常发现有的原子没有占据结点上的位置,而占据了晶格间隙的位置。由于晶格中存在“空位”与“间隙原子”等点缺陷,使晶体结构发生歪曲畸变,结果使金属的屈服强度提高。

任务三 碳钢和铸铁

一、碳钢与铸铁的化学成分和组织结构

碳钢与铸铁都是由铁(95%以上)和碳(0.05%~4%)所组成的合金。

(一) 铁

组成铁碳合金的铁具有两种晶格结构,910℃以下为具有体心立方晶格结构的 α -铁(图1-1-4);910℃以上为具有面心立方晶格结构的 γ -铁(图1-1-5)

α -铁经加热可转变为 γ -铁,反之高温下的 γ -铁经冷却可变为 α -铁。铁的这一同素异构转变是构成铁碳合金一系列性能的基础。

纯铁塑性极好,但强度太低,故工业上应用很少。

(二) 碳

往铁中加入少量碳,组成铁碳合金,可获得适于工业上应用的各种优良性能。因而碳钢和铸铁得到了广泛的应用。

碳钢与铸铁之所以有各种不同的性能,主要是由碳的含量及其存在形式不同所造成。

碳在铁碳合金中的存在形式有三种。

1. 碳溶解在铁的晶格中形成固溶体

这里所说的溶解,指的是碳原子挤到铁的晶格中间去,而又不破坏铁所具有的晶格结构。这种在铁的晶格中(或另外一种金属的晶格中)被挤入一些碳原子(或其它一些金属或非金属原子)以后所得到的、以原有晶格结构为基础并溶有碳原子的物质称为固溶体。

碳溶解到 α -铁中形成的固溶体叫铁素体,它的溶碳能力极低,最大溶解度不超过0.02%。碳溶解到 γ -铁中形成的固溶体叫奥氏体,它的溶碳能力较高,最大可达2%。

溶解有碳的铁,仍然会发生 α - γ 转变,只是转变温度有所变化(727~910℃之间)。因此,奥氏体是铁碳合金的高温相。室温时,钢的组织中只有铁素体,没有奥氏体。

铁素体与奥氏体都具有良好塑性,它们是钢材具有良好塑性的组织基础。

2. 碳与铁形成化合物

当铁碳合金中的碳不能全部溶入铁素体或奥氏体中时,“剩余”出来的碳将与铁形成化合物——碳化铁(Fe_3C)。这种化合物的晶体组织叫渗碳体。它的硬度极高、塑性几乎为零。

常用的碳钢,其含碳量在0.1~0.5%之间,如果不经特定的热处理,在常温时,钢中的这些碳只有极少一部分溶入 α -铁,而绝大部分的碳都是以碳化铁形式存在。因此,常温下,钢的组织是由铁素体加渗碳体组成。钢中的含碳量越高,钢组织中渗碳体微粒也将越多,因而钢的强度随碳含量的增多而提高。而其塑性则随着碳含量的增多而下降。

当把钢加热到高温,铁素体转变成奥氏体,原来不能溶入铁素体的碳,全部可以溶入奥氏体。于是钢的组织就从常温下的两相,转变成塑性良好的单一奥氏体组织了。这就为钢材的锻压加工创造了良好条件。

奥氏体的最大溶碳量是2.11%。如果铁碳合金中的碳含量大于2.11%,那么这种合金即使被加热到高温,也不能形成单一的奥氏体组织,不适于进行热压加工。所以,通常将碳含量2.11%作为钢与铸铁的分界。碳含量小于2.11%的叫钢,碳含量大于2.11%的叫铸铁。

铸铁的碳含量既然高于钢,但为什么它的强度反而不如钢?这是因为铸铁中的碳,除了溶入固溶体以外,并非全部以碳化铁形式存在。

3. 碳以石墨状态单独存在

当铁碳合金中的碳含量较高,并将合金从液态以缓慢的速度冷却下来时,合金中没有溶入固溶体的碳将有极大部分以石墨状态存在。

石墨很软,而且很脆,它的强度与钢相比几乎为零。因此从强度的观点来看,分布在钢的基体(即由铁素体加渗碳体构成的基体)上的石墨,相当于在钢的基体内部挖了许多孔洞。所以灰铸铁可以看成是布满了孔洞的钢,这就是灰铸铁的强度比钢低的原因。

当然,事物总是一分为二的,铸铁所具有的良好削加工性,优良的耐磨性、消振性以及令人满意的铸造性,都与石墨的存在有关。石墨使切削易于脆断,有利于切削加工;石墨具有润滑和储油作用,提高了用铸铁制造的磨擦零件的使用寿命;石墨可以将机械振动吸收,减缓或免除了机器因长期振动而可能造成的损坏;石墨还可使铸铁的流动性增加,收缩性降低,从而有利于浇铸形状复杂的铸件。